

PAT-NO: JP410313022A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 10313022 A

TITLE: SEMICONDUCTOR DEVICE

PUBN-DATE: November 24, 1998

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

TOGASAKI, TAKASHI

MORI, MIKI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

TOSHIBA CORP

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP10053952

APPL-DATE: March 5, 1998

INT-CL (IPC): H01L021/60, H01L021/56

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To firmly fix a semiconductor device to a wiring circuit board for making up the difference in thermal expansions between the semiconductor device and the circuit substrate also relieving the stress imposed on bump electrodes by sealing the gap between the semiconductor device and the wiring circuit board using a plurality of resins in different Young's moduli.

SOLUTION: A semiconductor device 11 and a circuit wiring board 12 are firmly fixed to each other by the second resin 32, while the first regions around the bump electrodes 13 are sealed with the first regions 31 softer than the second resin 32. In other words, the first softer resin 31 in Young's modulus not exceeding 2 GPa is arranged around the bump electrodes 13, so that the sealing resin layers around the bump electrodes 13 may be easily deformed to relieve the stress imposed on the bump electrodes 13. On the other hand, the second

region in the gap between the circuit wiring board 12 and the semiconductor device 11 is filled up with the second resin 32 harder than the first resin 31 in the Young's modulus exceeding 4 GPs. Accordingly, the difference in the thermal expansions between the semiconductor chip 11 and the circuit wiring board 12 can be made up, thereby enabling the shearing strain imposed on the bump electrodes 13 to be relieved.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-313022

(43) 公開日 平成10年(1998)11月24日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>

H 0 1 L 21/60  
21/56

識別記号

3 1 1

F I

H 0 1 L 21/60  
21/56

3 1 1 S  
E

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平10-53952

(22) 出願日 平成10年(1998) 3 月 5 日

(31) 優先権主張番号 特願平9-54977

(32) 優先日 平 9 (1997) 3 月 10 日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 梅 崎 隆

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33 株式会  
社東芝生産技術研究所内

(72) 発明者 森 三樹

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33 株式会  
社東芝生産技術研究所内

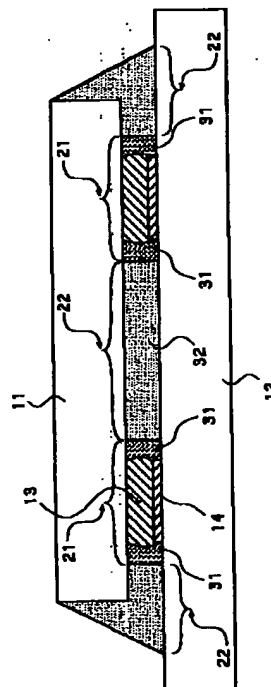
(74) 代理人 弁理士 須山 佐一

(54) 【発明の名称】 半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 半導体チップが回路配線基板にフリップチップ実装された構造において、信頼性の高い半導体チップの実装構造を実現する。

【解決手段】 回路配線基板と半導体素子との間隙に樹脂が充填されたフリップチップ実装構造の半導体装置において、前記樹脂を、 bumps 電極の周辺部の柔らかい第1の樹脂と、それ以外の部分の硬い第2の樹脂とを含む少なくとも2種類以上の樹脂から構成することにより、 bumps 電極の横方向の広がり変形と樹脂の bumps 電極周辺部での応力を低減し、信頼性の高い半導体チップの実装構造を実現する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の面に接続端子を有する半導体素子と、

前記半導体素子の第1の面と所定の間隙を保持して対向配置され、前記半導体素子の接続端子と対応する位置に形成された接続電極を有する回路基板と、

前記半導体素子の接続端子と前記回路基板の接続電極とを接続する導電性バンパと、

前記半導体素子と前記回路基板との間隙の少なくとも前記バンパの周囲の第1の領域を封止するように形成された第1の樹脂層と、

前記半導体素子と前記回路基板との間隙の、前記第1の領域以外の第2の領域を封止するように形成された前記第1の樹脂層よりも硬い第2の樹脂層とを具備したことを特徴とする半導体装置。

【請求項2】 前記第1の樹脂層のヤング率は約2 GPaより小さいことを特徴とする請求項1に記載の半導体装置。

【請求項3】 前記第1の樹脂層と前記半導体素子の第1の面とが対向する領域は、前記半導体素子の前記第1の面の面積の約60%よりも小さいことを特徴とする請求項1乃至請求項2のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項4】 前記第1の樹脂層の厚さは約30  $\mu\text{m}$ ～約150  $\mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の半導体装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体装置に係わり、特にバンパ電極部分の接続信頼性を高くするために、半導体素子と回路配線基板との間隙部分に樹脂を封入したフリップチップ構造を有する半導体装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体チップを回路配線基板上に高密度に実装し、かつ多数の入出力電極を有する半導体チップに対しても実装外形が大型化することなしに回路配線基板上に実装可能な方法として、半導体チップの能動素子形成面と回路配線基板とを向かい合わせて、バンパ電極を用いてこれらを接続するフリップチップ実装方式が効果的である。ところが、例えば”Microelectronic Packaging Handbook (Van Nostrand Reinhold, 1989)”に有るように、フリップチップ実装に於いては半導体チップと回路配線基板との熱膨張の差による相対変形がバンパ電極接続部に大きな剪断歪を生じさせるため、半導体チップ熱膨張係数と基板材料の熱膨張係数が大きく異なる場合には、バンパ電極による接続信頼性が低下するという欠点があった。特にガラスエポキシ基板やBTレジン基板等の樹脂基板に半導体チップをフリップチップ接続する場合には、樹脂基板の熱膨張係数が半

導体チップの4倍から6倍程度と大きいために接続信頼性が低下してしまうという問題がある。

【0003】これに対して、例えば、特開平4-219944では接続信頼性を向上させるための接続構造が提案されている。これは半導体チップが半田バンパを介して樹脂基板上にフリップチップ接続されされた構造において、半導体チップと樹脂基板との間隙に樹脂を封入することにより、半導体チップと樹脂基板とを樹脂によって固定するものである。これによって半導体チップと回路配線基板の熱膨張差がある程度吸収され、バンパ電極に生ずる剪断歪が減少して接続信頼性が向上する。

【0004】ところが、上述の例のように半導体チップと回路配線基板との間隙を樹脂で封止する場合には、一般に樹脂の熱膨張係数を小さくしてバンパ材料の熱膨張係数に近づけるために充填剤が混合されるが、フリップチップ実装で用いるための樹脂は、半導体チップと回路基板との間の狭い間隙に注入するため低粘度であることが必要である。充填剤の含有率を増加させると樹脂粘度が上昇することから、フリップチップ用封止樹脂では充填剤の含有率が制限されるため、熱膨張率を十分に下げることが困難である。したがって樹脂とバンパ電極の熱膨張係数の不整合により例えば図12中の矢印に示すように、バンパ電極に横に広がる変形が生じて信頼性が低下するという問題があった。

【0005】また、“フリップチップ実装の高信頼化に及ぼす樹脂補強効果(曾我 他、電子情報通信学会論文誌C-2 vol. J-73-C-2 no. 9, pp 516-524, 1990)”に示されるように、バンパ電極周辺部の樹脂に応力が集中してバンパ周辺部の樹脂が破断し、信頼性が低下するという問題もあった。これに対して、例えば、特開平5-283455では樹脂中に柔軟剤を添加することにより樹脂に柔軟性をもたせて破断を防ぐ方法が提案されている。柔軟剤を添加することにより樹脂のヤング率が低下して樹脂中に発生する応力が低減され、樹脂の破断を防ぐことが出来る。ところが、“フリップチップ実装の高信頼化に及ぼす樹脂補強効果(曾我 他、電子情報通信学会論文誌C-2 vol. J-73-C-2 no. 9, pp 516-524, 1990)”に示されるように、バンパ電極に生ずる歪を減少させるためには樹脂にはヤング率が数GPa程度の硬さが必要であるため、柔軟剤を添加によるヤング率の低下に伴ってバンパ電極に生ずる剪断歪が増加してしまい、バンパ電極の接続信頼性が低下するという問題があった。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】以上に述べたように、半導体チップと回路配線基板との間隙を樹脂で封止する場合には、樹脂とバンパ電極の熱膨張係数の不整合によりバンパ電極に横に広がる変形が生じて信頼性が低下するという問題と、樹脂のバンパ電極周辺部に応力が集中

してバンパ周辺部の樹脂が破断し、信頼性が低下するという問題があった。また、樹脂中に柔軟剤を添加することにより樹脂に柔軟性をもたせて樹脂の破断を防ぐ方法では、樹脂のヤング率の低下に伴いバンパ電極に生ずる剪断歪が増加してバンパ電極の接続信頼性が低下するという問題があった。本発明は半導体チップが回路配線基板にフリップチップ実装された構造において、信頼性の高い半導体チップの実装構造を実現することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】このような課題を解決するために本発明の半導体装置は以下のような構成を有するものである。

【0008】本発明の半導体装置は、第1の面に接続端子を有する半導体素子と、前記半導体素子の第1の面と所定の間隙を保持して対向配置され、前記半導体素子の接続端子と対応する位置に形成された接続電極を有する回路基板と、前記半導体素子の接続端子と前記回路基板の接続電極とを接続する導電性バンパと、前記半導体素子と前記回路基板との間隙の少なくとも前記バンパの周囲の第1の領域を封止するように形成された第1の樹脂層と、前記半導体素子と前記回路基板との間隙の、前記第1の領域以外の第2の領域を封止するように形成された前記第1の樹脂層よりも硬い第2の樹脂層とを具備したことを特徴とする。

【0009】前記第1の樹脂層のヤング率は約2GPaより小さく設定するようにしてもよい。

【0010】すなわち本発明の半導体装置は、所定の間隙を保持して対向配置された半導体素子の接続端子と回路基板の接続電極とを接続する導体バンパと、前記半導体素子と前記回路基板との位置関係を固定するとともに前記導体バンパに印加される応力が緩和されるように、前記半導体素子と前記回路基板との間隙を封止する封止部材とを具備したものである。

【0011】このような本発明の半導体装置のより具体的な構成としては、回路配線基板と、前記回路配線基板上にバンパ電極により実装された半導体素子とを具備し、前記回路配線基板と半導体素子との間隙に樹脂が充填された半導体装置であって、バンパ電極の周辺部の第1の領域は第1の樹脂を充填し、それ以外の第2の領域には第2の樹脂を充填し、前記第1の樹脂のヤング率を2GPa以下に設定し、第2の樹脂のヤング率を4GPa以上に設定するようにしてもよい。

【0012】第1の樹脂を充填する第1の領域は、バンパ電極1個ごとに分離していてもよいし、列設された複数のバンパを封止するように連続していてもよい。つまり、少なくともバンパにより半導体素子と配線回路基板とが接続された部分(第1の領域)には、第1の樹脂を充填するようにすればよい。第1の樹脂を形成する第1の領域は、前記第1の樹脂層と前記半導体素子の第1の

面とが対向する領域が前記半導体素子の前記第1の面の面積の約60%よりも小さくなるように設定することが好適である。また前記第1の樹脂層の厚さは好ましくは約30 $\mu$ m～約150 $\mu$ mの範囲に、より好ましくは約50 $\mu$ m～約120 $\mu$ mに設定することが好ましい。

【0013】さらに前記第1の樹脂及び第2の樹脂は、硬化温度におけるゲルタイムが120秒以下の熱硬化性樹脂を用いるようにしてもよい。

【0014】このように本発明の半導体装置は、回路配線基板と半導体素子との間隙に樹脂が充填されたフリップチップ実装構造の半導体装置において、ヤング率の異なる複数の樹脂を用いて半導体素子と配線回路基板との間隙を封止することにより、半導体素子と回路基板とを強固に固定するとともに、バンパ電極にかかる応力を緩和しているから、接続の信頼性が向上する。例えばバンパ電極の周辺部の第1の領域を、ヤング率が約2GPa以下と柔らかい第1の樹脂で封止し、それ以外の第2の領域をヤング率が4GPa以上と第1の樹脂よりも硬い第2の樹脂により封止することにより、バンパ電極の横方向の広がり変形と樹脂のバンパ電極周辺部での応力を低減し、信頼性の高い半導体チップの実装構造が実現される。前述のように、第1の樹脂層の厚さは好ましくは約30 $\mu$ m～約150 $\mu$ mの範囲に、より好ましくは約50 $\mu$ m～約120 $\mu$ mに設定するようにすればよい。

【0015】バンパ電極の周辺部にヤング率が2GPa以下の柔らかい第1の樹脂を配置することにより、バンパ電極周辺の樹脂が容易に変形しバンパ電極に生ずる応力が減少するため、バンパ電極の横方向の広がり変形が低減する。また、樹脂に生ずる応力は樹脂のヤング率に比例するため、樹脂のバンパ電極周辺部での応力も低減する。さらに、バンパ電極の周辺部の第1の樹脂層の半導体素子上への投影面積を、半導体素子の第1の面の面積の約60%以下に設定し、あるいは、第1の樹脂層の厚さを約30 $\mu$ m～約150 $\mu$ mの範囲に設定し、かつ、回路配線基板と半導体素子との間隙のバンパ電極周辺以外の部分がヤング率が4GPa以上の硬い第2の樹脂で充填することにより、半導体チップと樹脂基板が樹脂によって充分強固に固定され、半導体チップと回路配線基板の熱膨張差が吸収される。このため、バンパ電極に生ずる剪断歪が減少してバンパ電極の接続信頼性が向上する。

【0016】第1の樹脂としては、硬化した状態の樹脂のみならず、例えばセミキュア状態の樹脂や、液状の樹脂、油状物質を用いることもできる。またグリース、ポリオルガノシロキサンなどを用いることもできる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下に本発明の半導体装置についてさらに詳細に説明する。

【0018】(実施形態1)図1は本発明の半導体装置の構造の例を概略的に示す断面図である。この半導体装

置は、シリコン基板上に微細な回路を作り込んだ半導体チップ11と、絶縁層にガラスエポキシを用いた回路配線基板12上の接続電極14とが、錫と鉛の比率が約6対4からなるバンパ電極13によって接続されている。そして、半導体チップ11と回路配線基板12との間隙は、絶縁性樹脂層によって封止されているが、半導体チップ11と回路配線基板12との間隙のバンパ電極周辺の第1の領域21は第1の樹脂31によって封止されており、間隙のバンパ電極13の周囲以外の第2の領域22は、第1の樹脂31より硬い第2の樹脂32で封止されている。図2は、第1の樹脂層と第2の樹脂層との分布の例を説明するための図であり、図1に例示した本発明の半導体装置を上から透視して示している。この例では第1の樹脂により封止されている第1の領域21の範囲はバンパ電極13の表面から約30 $\mu$ mないし150 $\mu$ mの部分である。なお、第1の領域21と第2の領域22との間に、両者の遷移的領域として第3の領域を備えるようにしてもよい。

【0019】ここで半導体チップ11の寸法は10.2mm $\times$ 10.12mmである。回路配線基板12上に形成された接続電極14としては例えば銅や、銅/ニッケル/金を順次積層したものを用いることができる。バンパ電極13の高さは約40 $\sim$ 80 $\mu$ mである。また、バンパ電極13は、半導体チップの主面の4辺に沿って、250 $\mu$ mのピッチで1列ずつ配置されており、バンパ数は1チップ当たり144個である。

【0020】第1の樹脂31は、無水フタル酸とポリエチレングリコールとポリプロピレングリコールとジブチルフタレートとからなる可撓性付与剤と、ビスフェノール系エポキシ、イミダゾール硬化触媒、酸無水物硬化剤および球状の石英フィラーを重量比で約40パーセント含有するものであり、石英フィラーの粒径は平均値が約2 $\mu$ m $\sim$ 約10 $\mu$ m、最大値が約15 $\mu$ m $\sim$ 約25 $\mu$ mである。第1の樹脂は熱膨張係数が約30 $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、室温でのヤング率が約0.40GPa $\sim$ 1.8GPa程度である。上述のように、第1の樹脂31は、必ずしも硬化した樹脂で形成する必要はなく、各種グリースあるいはシリコンなどの液状樹脂、油状物質、またはセキユア状態の樹脂を用いるようにしてもよい。

【0021】第2の樹脂32はビスフェノール系エポキシとイミダゾール硬化触媒、酸無水物硬化剤および球状の石英フィラーを重量比で約40パーセント含有するものであり、石英フィラーの粒径は平均値が約2 $\mu$ m $\sim$ 10 $\mu$ m程度、最大値が約15 $\mu$ m $\sim$ 25 $\mu$ m程度であり、熱膨張係数が約30 $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、室温でのヤング率が約6GPa $\sim$ 9GPa程度である。

【0022】このような構成を採用することにより、本発明の半導体装置においては、半導体素子11と回路配線基板12とは、第2の樹脂32により強固に固定されており、一方、バンパ電極13の周囲の第1の領域は、

第2の樹脂32よりも柔らかい第2の樹脂31により封止されることになる。つまり、バンパ電極13の周辺部にヤング率が2GPa以下の柔らかい第1の樹脂31が配置されており、バンパ電極13の周辺の封止樹脂層は容易に変形し、バンパ電極13に生ずる応力が減少する。このため、バンパ電極13の横方向の広がり変形を低減することができる。また、樹脂に生ずる応力は樹脂のヤング率に比例するため、第1の樹脂31により封止されたバンパ電極周辺部の第1の領域での応力を緩和することができる。さらに、回路配線基板12と半導体素子11との間隙の第2の領域は例えばヤング率が4GPa以上と第1の樹脂31よりも硬い第2の樹脂32が充填されている。このため、半導体チップ11と樹脂基板12とは、第2の樹脂32によって充分強固に固定され、半導体チップ11と回路配線基板12の熱膨張差が吸収されるため、バンパ電極13に生ずる剪断歪を減少することができる。したがってバンパ電極13による接続の信頼性を向上することができる。

【0023】なお、図2では、第1の領域21が、バンパ電極13ごとに分離して形成された形態を例示したが、本発明の半導体装置はこのような形態に限定されることはない。図3は第1の樹脂層と第2の樹脂層との分布の別の例を説明するための図である。このように、列設された複数のバンパ電極13を覆うよう第1の領域21を連続して形成しても、上述同様の効果を得ることができる。

【0024】なお、本発明の半導体装置に用いることができる回路配線基板13はガラスエポキシ基板に限定されるものではなく、例えばアラミドエポキシ・BTレジン・ポリフェニルエーテル等の樹脂基板でも良いし、アルミナ・窒化アルミニウム・サファイア・ムライト等のセラミック基板またはガラス基板を用いるようにしてもよい。また、配線回路を形成する導体層についても、銅、金、アルミニウム、ニッケルをはじめとして各種金属材料または導電性樹脂材料を用いることができる。さらに回路配線基板は単層基板でも多層基板でもよい。

【0025】第1の樹脂に用いられる可撓性付与剤としては、上述以外にも例えばポリアゼライン酸無水物と無水フタル酸からなるものを用いるようにしてもよいし、コルタール、グリセリン、ポリエチレングリコール、ポリプロピレングリコール、高級脂肪酸、芳香族カルボン酸エステルおよびこれらの混合物を用いるようにしてもよい。

【0026】(実施形態2)図4は本発明の半導体装置の構造の別の例を概略的に示す断面図である。この半導体装置も図1の例と同様の構成を有しており、シリコン基板上に微細な回路を作り込んだ半導体チップ11と、絶縁層にガラスエポキシを用いた回路配線基板12上の接続電極14とがバンパ電極13によって接続されたものである。

【0027】そして、図4に示した本発明の半導体装置は、第1の領域21と第2の領域22との間に、両者の遷移的領域として第3の領域23を備えたものである。

【0028】図5及び図6は、第1の樹脂層31、第2の樹脂層32及び第3の樹脂層36の分布の例を説明するための図であり、図4に例示した本発明の半導体装置を上から透視して示した図である。図5の例では、第1の樹脂層31はバンパ電極13ごとに分離して形成されているが、図6の例では列設された複数のバンパ電極13を覆うように第1の領域21を連続して形成してい

る。

【0029】すなわち、半導体チップ11と回路配線基板12との間隙は、絶縁性樹脂層によって封止されており、半導体チップ11と回路配線基板12との間隙のバンパ電極周辺の第1の領域21は第1の樹脂31によって封止されており、間隙のバンパ電極13の周囲以外の第2の領域22は、第1の樹脂31より硬い第2の樹脂32で封止されており、さらに、第1の樹脂31と第2の樹脂32との境界部の第3の領域33には厚さdが約10 $\mu$ mないし30 $\mu$ mの第3の樹脂36が形成されている。第3の樹脂36は、第1の樹脂31と第2の樹脂32との混合物から構成されており、その室温でのヤング率は約0.4GPa～9GPa程度であり、これは第1の樹脂31と第2の樹脂32の中間的な値である。この第3の樹脂層36は、第1の樹脂層31と第2の樹脂層32との緩衝層としての役割を果たす。つまり、第3の樹脂層36のヤング率は、第1の樹脂層31のヤング率と第2の樹脂層32のヤング率との中間的な値であり、第3の樹脂層により物性値の変化がよりなだらかなものとなって、例えば第1の樹脂層31と第2の樹脂層32との界面にかかる応力を緩和することができる。したがって、バンパ電極13による半導体素子11と回路配線基板12の接続信頼性をさらに向上することができる。

【0030】(実施形態3) 図13は本発明の半導体装置の構造の別の例を概略的に示す断面図である。この半導体装置も図1の例と同様の構成を有しており、シリコン基板上に微細な回路を作り込んだ半導体チップ11と、絶縁層にガラスエポキシを用いた回路配線基板12上の接続電極14とがバンパ電極13によって接続されたものである。

【0031】図14は第1の樹脂層と第2の樹脂層との分布の様子を説明するための図であり、図13に例示した本発明の半導体装置を半導体チップ11側から透視して見た図である。

【0032】図13の半導体装置では、729個のバンパ電極13が半導体チップ11の主面の全面にわたって350 $\mu$ mピッチで27列×27列のアレイ状に配設されている。半導体チップ11と回路配線基板12との対向面は、バンパ電極13の周辺の第1の領域21とこれ

以外の第2の領域22とからなっている。そして第1の領域21は第1の樹脂31により封止され、第2の領域22は第1の領域21よりも硬い第2の樹脂32により封止されている。このような構成を採用することにより、本発明の半導体装置においては半導体チップ11と回路基板12とが主として第2の樹脂32により強固に固定される。フリップチップ実装においては、バンパ電極に生じる剪断歪みを減少させるために、封止樹脂により半導体チップ11と回路基板12とを固着している。このため、封止樹脂にはヤング率が数GPa程度の硬さが必要になる。前述のように、バンパ電極13の周辺部の第1の領域には第2の樹脂よりも柔らかい第1の樹脂31が配置してバンパ電極13に生ずる応力を緩和させている。このような構成では、第1の領域と第2の領域との比率により封止樹脂全体としての硬さが決まることになる。したがって、半導体装置の信頼性を向上するためには、第1の領域と第2の領域との割合を調節するようにしてもよい。

【0033】発明者らは半導体装置の信頼性をさらに向上するため、半導体チップ11と回路基板12とが対向する領域のうち第1の領域21と第2の領域22の割合を調節して構造解析を行った。図15は半導体チップ11と回路基板12との対向面の面積に対する第1の領域21の面積の割合と、熱サイクルによってバンパ電極13に生じる熱歪の剪断成分との関係を示すグラフである。図15では第1の樹脂層のヤング率を変化させて調べている。ここで熱歪みとは、半導体の消費電力による発熱や周囲の温度変化により半導体装置が熱膨張と収縮を繰り返す際に、半導体チップや回路基板のような構成部材間の熱膨張係数の差異に起因する相対変位によって生ずる変形のことである。

【0034】熱歪の成分としては、半導体チップと回路基板の熱膨張差によるバンパ電極の剪断変形を封止樹脂の固着力で低減する効果を評価するために、歪みの剪断成分を用いて評価し、熱サイクルの条件は-55℃～125℃を与えた。図15からもわかるように、第1の領域21の割合が半導体チップ11と回路基板12との対向面の面積の約60%を超えると熱歪が大きくなる。これは、第1の領域21の割合が大きくなると、第1の樹脂層31が第2の樹脂層32よりも柔らかいため封止樹脂全体としての平均のヤング率が低下し、その結果として半導体チップ11と回路基板12とを十分強固に固着できなくなるためである。したがって、半導体装置の信頼性を確保するためには第1の領域21の割合を制御する必要がある、特に図13の例のようにバンパ電極13が半導体チップ11の主面全体にわたって配設されている場合には、第1の領域の制御がより重要となる。

【0035】図16は本発明の半導体装置において第1の領域の厚みdとバンパ電極に印加される熱歪との関係を構造解析により求めた結果を示すグラフである。封止

樹脂とバンパ電極との熱膨張差により生じるバンパ電極が横に広がる変形と、バンパ電極の剪断変形とを統一的に評価するため、熱歪の成分としては歪みの相当成分を用いた。

【0036】また図17は図16の結果を、第1の領域の厚さdとバンパ電極に印加される熱歪の減少率との関係として整理したグラフである。なお図16、図17でも第1の樹脂層のヤング率を変化させて調べている。これらの図から、第1の樹脂層31のヤング率が小さいほどバンパ電極にかかる熱歪が小さくなることが解る。また、第1の樹脂層の厚さd(半導体チップのバンパ電極形成面方向の厚さ)が約50 $\mu$ m以下では、第1の樹脂層の厚さdの増加に伴ってバンパ電極に加わる熱歪が減少するが、第1の樹脂層の厚さdが約50 $\mu$ m〜約130 $\mu$ mの範囲では第1の樹脂層の厚さを増加させてもバンパ電極に加わる熱歪の減少は飽和し、さらに第1の樹脂層の厚さが約130 $\mu$ m以上の範囲では第1の樹脂層の厚さを増加させるとバンパ電極に加わる熱歪も増加してしまうことがわかる。これは、第1の樹脂層31の厚さdが約130 $\mu$ mを超えると、半導体チップ11と回路基板12との間の封止樹脂全体としてのヤング率が低下し、その結果として半導体チップと回路基板とを十分に固着できなくなるということを示している。

【0037】以上のことから信頼性の高い半導体装置を得るためには、第1の樹脂層31の厚さdには適切な範囲が存在することがわかる。したがって、半導体装置の信頼性を向上するためには、第1の領域21の面積は、半導体チップ11と回路基板12との対向面の約60%以下に設定することが好ましい。特に、バンパ電極13が半導体チップ11の主面全体にわたって配設されている場合には、第1の樹脂層31の厚さdを好ましくは約30 $\mu$ m〜約150 $\mu$ mの範囲に、より好ましくは約50 $\mu$ m〜約120 $\mu$ mの範囲に設定するようにすればよい。このような構成を採用することにより、さらに信頼性の高い半導体装置を提供することができる。

【0038】(実施形態4)次に本発明の半導体装置の製造方法の1例について説明する。図7、図8は本発明の半導体装置の製造工程の概要を説明するための図である。

【0039】まず、半導体チップ11の接続端子上にあらかじめ形成されたバンパ電極13と回路配線基板12上の接続電極14とをバンパ電極13によってリフロー接続する。次いで、イソプロピルアルコールを溶媒として、無水フタル酸とポリエチレングリコールとポリプロピレングリコールとジブチルフルレートとからなる可撓性付与剤を2%ないし10%溶解させた可撓性付与剤溶液33を吐出装置16を用いて半導体チップの端部15上に塗布する。可撓性付与剤の溶液は毛細管現象により半導体チップと回路配線基板との間隙17に流入し(図7(a))、間隙は可撓性付与剤溶液で充填される(図

7(b))。

【0040】次いで、温風オープン等の加熱装置を用いて約60℃ないし80℃程度の温度で約10分ないし30分間程度加熱して可撓性付与剤溶液中の溶媒成分であるイソプロピルアルコールを蒸発させる。このとき、イソプロピルアルコールが蒸発して可撓性付与剤溶液の体積が減少する過程で、液体の表面張力により可撓性付与剤溶液は凹状の形状を持つ部分に引き寄せられるため、イソプロピルアルコールが完全に蒸発した段階では可撓性付与剤34の大部分がバンパ電極13の付け根35の付近に固体の状態で堆積する(図7(c))。

【0041】次いで、ビスフェノール系エポキシとイミダゾール硬化触媒、酸無水物硬化剤および球状の石英フィラーからなる液状樹脂19を、吐出装置18を用いて半導体チップの端部15上に塗布し、50℃ないし80℃に加熱しながら毛細管現象により半導体チップと回路配線基板との間隙17に含浸させ(図8(d))、間隙に樹脂を充填させる(図8(e))。

【0042】さらにオープンなどの加熱装置を用いて120℃ないし160℃で3時間から6時間の加熱を行い樹脂を硬化させる。加熱することにより可撓性付加剤が樹脂中に溶解するが、硬化時の樹脂のゲルタイムが1分ないし3分と短いために、可撓性付加剤が拡散する領域はバンパ電極表面から30 $\mu$ mないし150 $\mu$ m以下である。

【0043】以上の工程により可撓性付加剤が拡散した領域の内のバンパ電極表面から30 $\mu$ mないし150 $\mu$ m以内の領域にはヤング率が0.80GPaないし1.7GPaの第1の樹脂が形成され、第1の樹脂の外側には厚さが10 $\mu$ mないし30 $\mu$ mでヤング率が0.80GPaないし9.0GPaの第3の樹脂の層が形成され、それ以外の部分にはヤング率が6.0GPaないし9.0GPaの第2の樹脂が形成されることにより本発明の半導体装置が実現される(図8(f))。

【0044】(実施形態5)次に本発明の半導体装置の製造方法の別の例について説明する。図9、図10は本発明の半導体装置の製造工程の概要を説明するための図である。半導体チップ11及び回路配線基板12は上述した例と同じものを用いて説明する。

【0045】まず、半導体チップ11上に形成されたバンパ電極13上にフラックス23を塗布し、バンパ電極と回路配線基板12上の接続電極14とを対向させて位置合わせする(図9(a))。フラックス23はグリセリン、またはポリエチレングリコール、または高級脂肪酸、またはこれらの混台物からなる可撓性付与剤とロジンと高沸点アルコール溶剤または環状アミド溶剤からなる。

【0046】次いでフラックスの粘着性を利用して半導体チップを回路配線基板上に仮置きして(図9(b))、電気炉を用いて200℃ないし250℃に加



熱し、パンプ電極13によって回路配線基板12上の接続電極14にリフロー接続する。リフロー中にフラックス中の溶剤が蒸発し、ロジンと可撓性付与剤からなる固体状の残渣24がパンプ周囲をとりまくように残る(図9(c))。

【0047】次いで、ビスフェノール系エポキシとイミダゾール硬化触媒、酸無水物硬化剤および球状の石英フィラーからなる液状樹脂19を、吐出装置18を用いて樹脂19を半導体チップの端部15上に塗布し、約50℃ないし80℃程度の温度で加熱しながら毛細管現象により半導体チップと回路配線基板との間隙17に含浸させ(図10(d))、間隙に樹脂を充填させる(図10(e))。

【0048】さらにオープンなどの加熱装置を用いて約120℃ないし160℃程度の温度で約3時間から6時間程度の加熱を行い樹脂を硬化させる。加熱することにより可撓性付加剤が樹脂中に溶解するが、硬化時の樹脂のゲルタイムが1分ないし3分と短いために、可撓性付加剤が拡散する領域はパンプ電極13の表面から約30μmないし150μm程度以下である。

【0049】以上の工程により可撓性付加剤が拡散した領域の内のパンプ電極表面から30μmないし150μm以内の第1の領域21にはヤング率が0.80GPa\*

温度サイクル試験結果

| 温度サイクル数 | 試験不良試料数 |       |
|---------|---------|-------|
|         | 本発明の構造  | 従来構造  |
| 100     | 0/10    | 0/10  |
| 200     | 0/10    | 0/10  |
| 500     | 0/10    | 0/10  |
| 1000    | 0/10    | 0/10  |
| 1500    | 0/10    | 0/10  |
| 2000    | 0/10    | 0/10  |
| 2500    | 0/10    | 0/10  |
| 3000    | 0/10    | 0/10  |
| 3500    | 0/10    | 3/10  |
| 4000    | 0/10    | 7/10  |
| 4500    | 1/10    | 10/10 |
| 5000    | 4/10    |       |
| 5500    | 10/10   |       |

(不良数/サンプル数)

従来の構造の半導体装置では、50%累積不良サイクルが約4000サイクルであるのに対して、本発明の構造の半導体装置では5500サイクルであり、本発明によりパンプ接続部の寿命が約50%向上することが分かる。

【0053】また、図11は第1の樹脂のヤング率と半導体装置の50%不良サイクル数との関係を示すグラフである。パンプ電極13の周辺の第1の領域を封止する※50

\*ないし1.7GPaの第1の樹脂31が形成され、第1の樹脂の外側には厚さが10μmないし30μmでヤング率が0.80GPaないし9.0GPaの第3の樹脂層36が形成され、それ以外の第2の領域22にはヤング率が6.0GPaないし9.0GPaの第2の樹脂層32が形成されることにより本発明の半導体装置が実現される(図10(f))。

【0050】(実施形態6)次に、本発明の半導体装置の信頼性評価の試験結果について説明する。本発明の半導体装置による信頼性向上の効果を評価するために、例えば実施形態1に例示したような本発明の半導体装置を用いて温度サイクル試験を行い、従来の方法で実装した半導体装置と比較した。温度サイクル試験の試験条件は-55℃/125℃、30分/30分とし、パンプ接続部分の電気抵抗が100mΩ以上となった試料を不良と判定し、累積不良率が50%を越えた時点の温度サイクルを50%累積不良サイクルと定義して信頼性の比較に用いた。比較対象として半導体チップ11と回路配線基板12との間の間隙の全面を、上述した第2の樹脂32で封止した半導体装置試料を試験した。

【0051】表1に温度サイクル試験の結果を示す。

【0052】

【表1】

※樹脂層(第1の樹脂層)のヤング率が小さくなるにしたがって、半導体装置の寿命が延びていることがわかる。従来構造の半導体装置では、パンプ電極13の周囲の第1の樹脂層31のヤング率が大きいため、温度負荷が累積すると信頼性が低下し、寿命が短くなってしまう。これに対して、本発明の半導体装置では少なくともパンプ電極周辺はヤング率の小さい樹脂層を用いて封止し、その他の領域はよりヤング率の大きい第2の樹脂で封止し

13

ているために、累積的な熱負荷がかかっても信頼性の高い接続を維持することができる。

【0054】

【発明の効果】 このように本発明の半導体装置は、ヤング率の異なる複数の樹脂を用いて半導体素子と配線回路基板との間隙を封止することにより、半導体素子と回路基板とを強固に固定され半導体素子と回路配線基板との熱膨張差が吸収されるとともに、バンパ電極にかかる応力を緩和することができる。したがって繰り返し熱的負荷がかかる実際の使用時にも接続の信頼性を維持する

ことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体装置の構造の例を概略的に示す断面図。

【図2】図2は第1の樹脂層と第2の樹脂層との分布の例を説明するための図。

【図3】図3は第1の樹脂層と第2の樹脂層との分布の別の例を説明するための図。

【図4】本発明の半導体装置の構造の別の例を概略的に示す断面図。

【図5】図5は第1の樹脂層、第2の樹脂層及び第3の樹脂層の分布の例を説明するための図。

【図6】図6は第1の樹脂層、第2の樹脂層及び第3の樹脂層の分布の例を説明するための図。

【図7】本発明の半導体装置の製造工程の概要を示す図。

【図8】本発明の半導体装置の製造工程の概要を示す分図。

【図9】本発明の半導体装置の製造工程の別の例の概要を示す図。

【図10】本発明の半導体装置の製造工程の別の例の概要を示す図。

【図11】第1の樹脂のヤング率と半導体装置の50%不良サイクル数との関係を示すグラフ。

【図12】従来の構造のバンパ電極に生じる横方向の変形を示す図。

14

【図13】本発明の半導体装置の構造の別の例を概略的に示す断面図。

【図14】第1の樹脂層と第2の樹脂層との分布の様子を説明するための図。

【図15】半導体チップと回路基板との対向面の面積に対する第1の領域の面積の割合とバンパ電極に生じる熱歪の剪断成分との関係を示すグラフ。

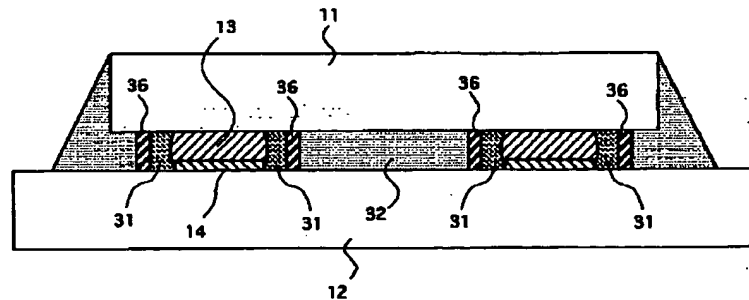
【図16】本発明の半導体装置において第1の領域の厚みdとバンパ電極に印加される熱歪との関係を構造解析により求めた結果を示すグラフ。

【図17】本発明の半導体装置において第1の領域の厚みdとバンパ電極に印加される熱歪の減少率との関係を構造解析により求めた結果を示すグラフ。

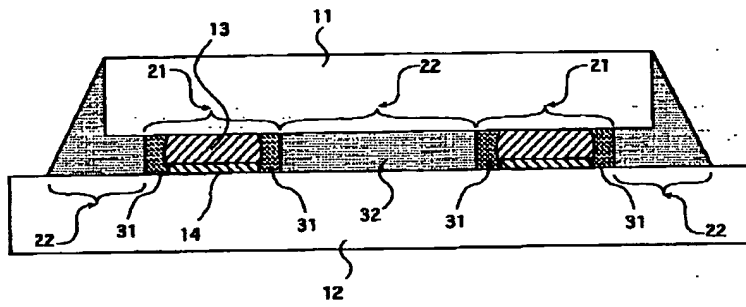
【符号の説明】

- 11.....半導体チップ
- 12.....回路配線基板
- 13.....接続電極
- 14.....バンパ電極
- 15.....半導体チップの端部
- 16.....吐出装置
- 17.....間隙
- 18.....吐出装置
- 19.....液状樹脂
- 21.....第1の領域
- 22.....第2の領域
- 23.....フラックス
- 24.....残渣
- 26.....樹脂
- 27.....半導体チップの端部
- 30 31.....第1の樹脂
- 32.....第2の樹脂
- 33.....可撓性付与剤溶液
- 34.....可撓性付与剤
- 35.....バンパの付け根
- 36.....第3の樹脂

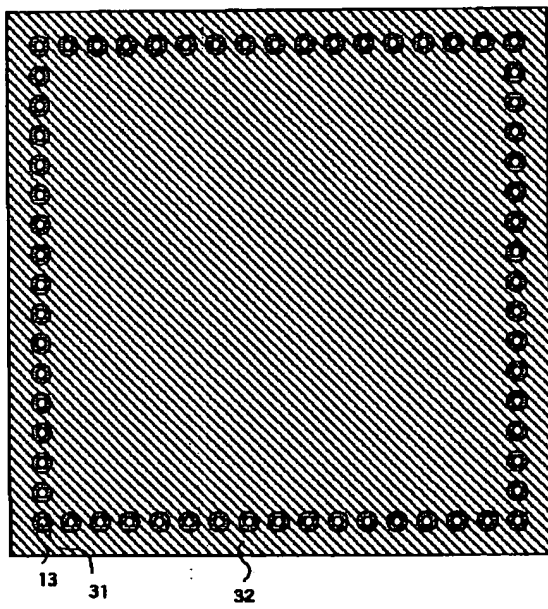
【図4】



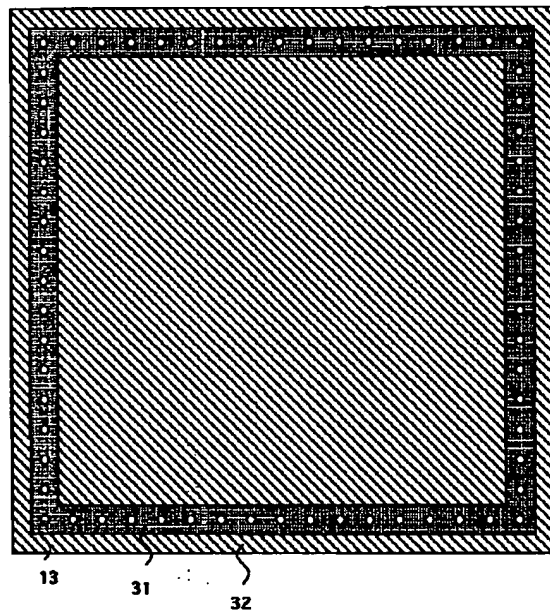
【図1】



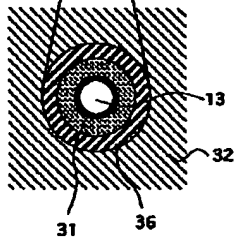
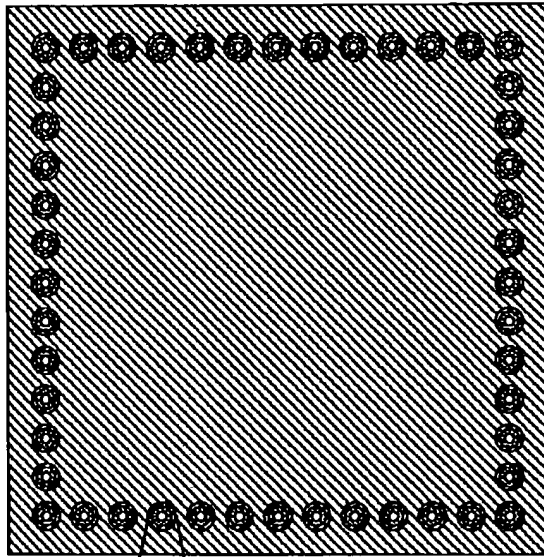
【図2】



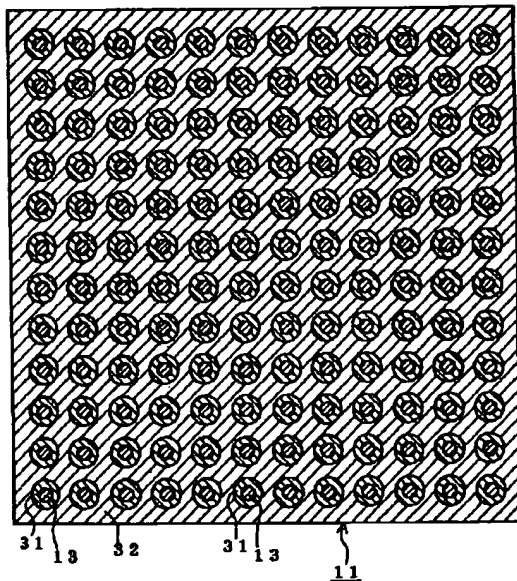
【図3】



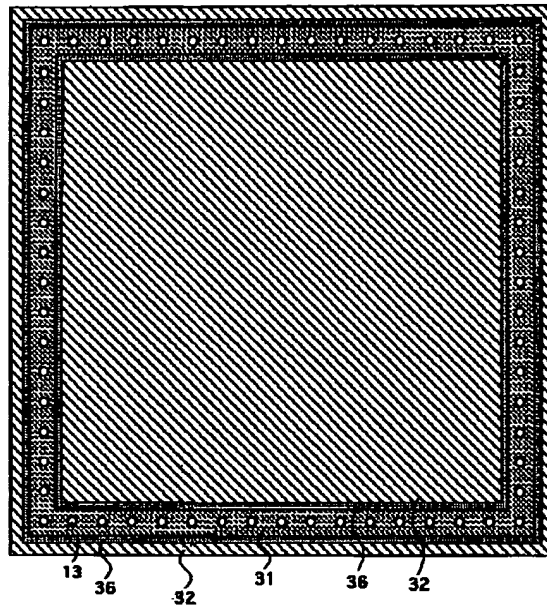
【図5】



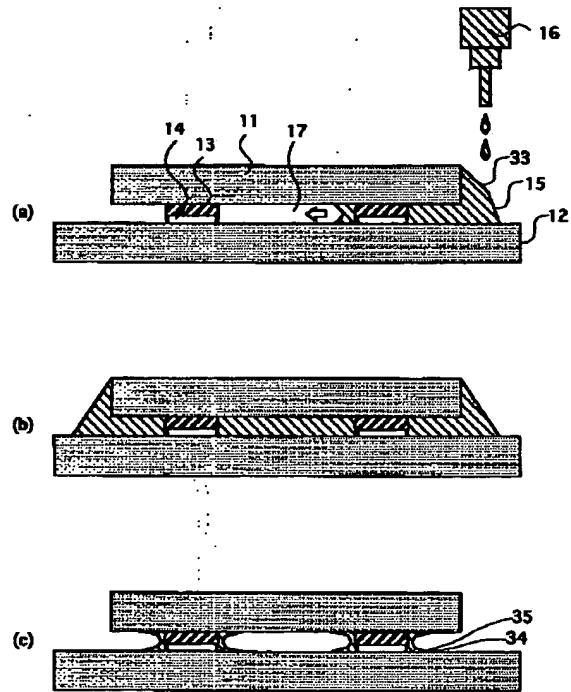
【図14】



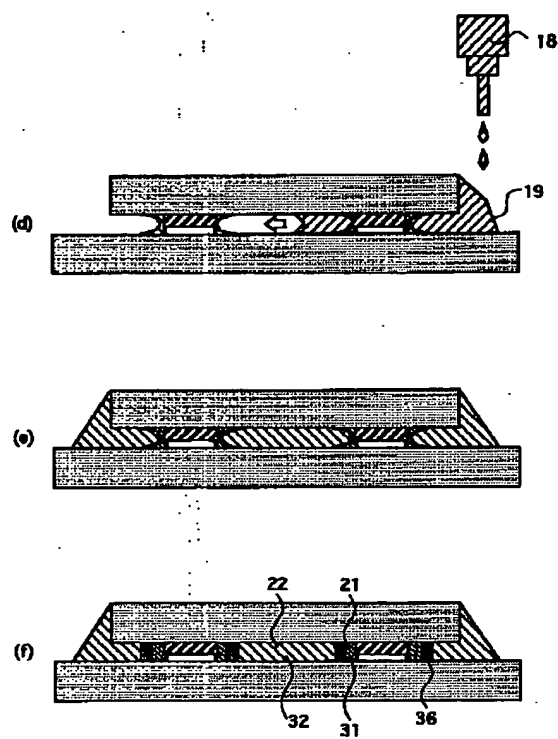
【図6】



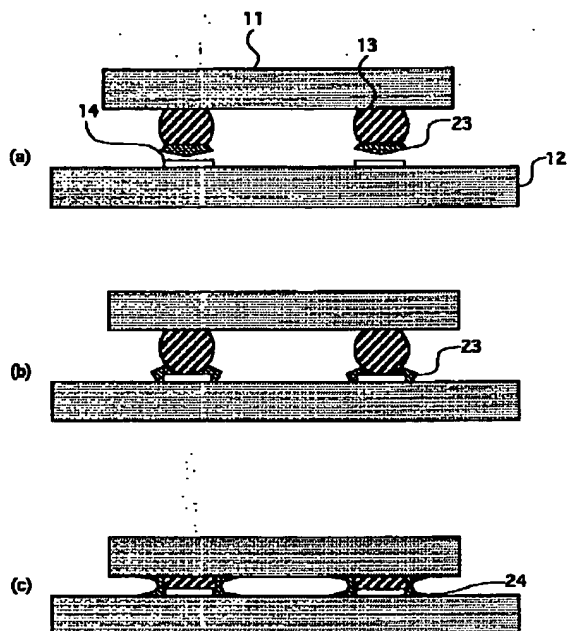
【図7】



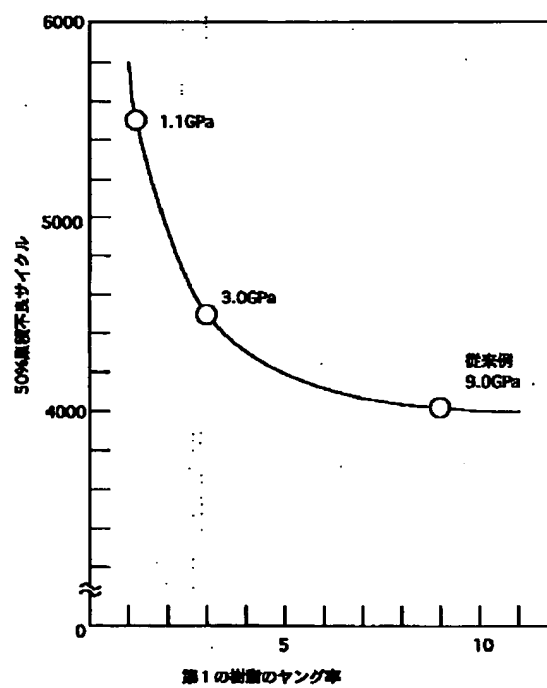
【図8】



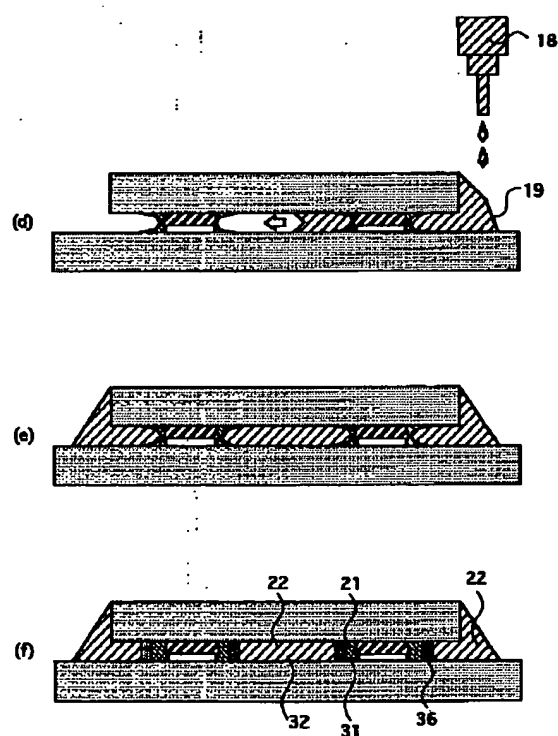
【図9】



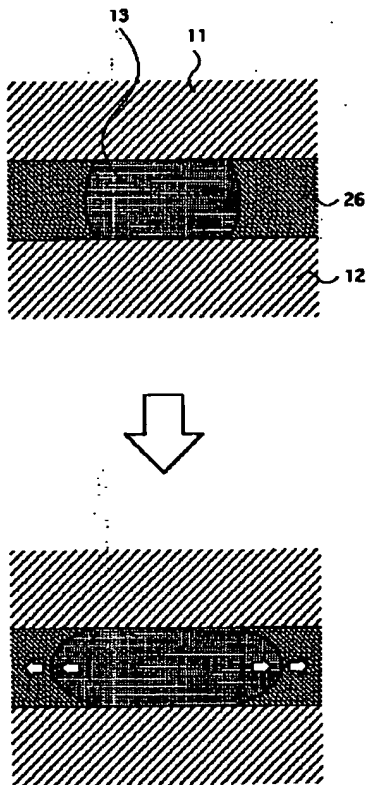
【図11】



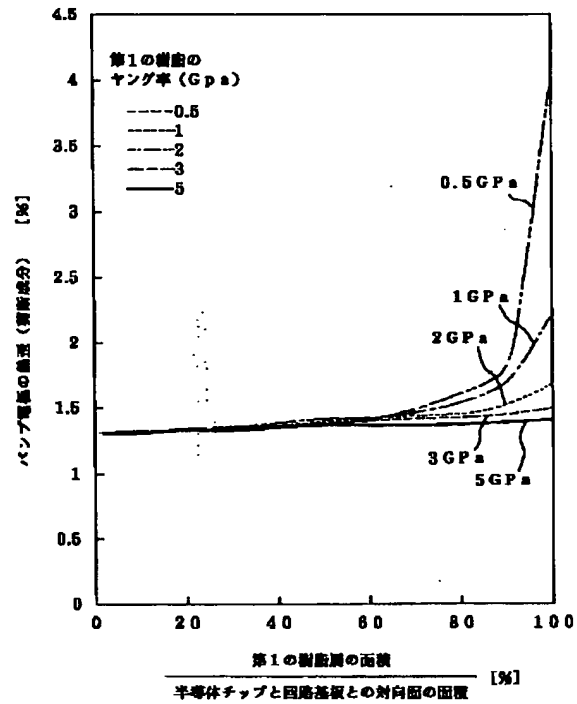
【図10】



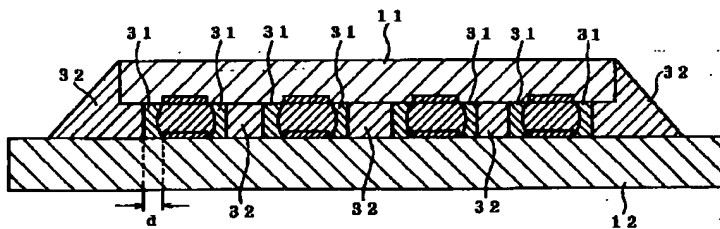
【図12】



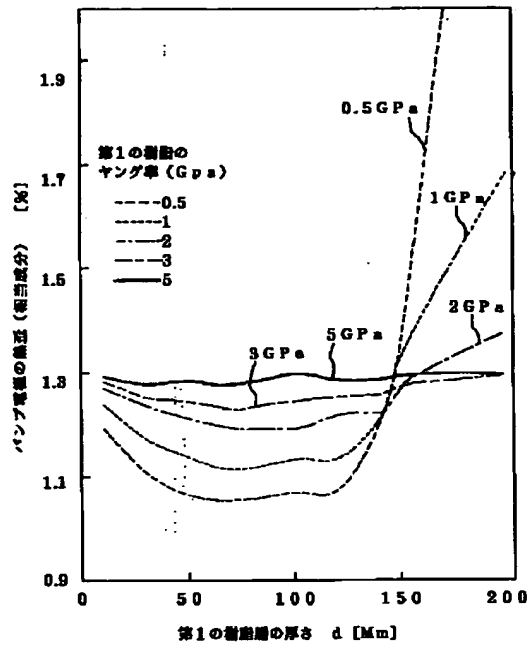
【図15】



【図13】



【図16】



【図17】

